



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 57577

(13) C2

(51) МПК (2006)

F04D 27/00

F04B 49/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ПОБУДОВИ ОБЛАСТІ ДОПУСТИМИХ РЕЖИМІВ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

1

(21) 2002097246

(22) 06.09.2002

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. № 6, 2006 р.

(72) Соляник Володимир Григорович, Колодяжний Валерій Васильович, Сорокін Олександр Олександрович, Хохряков Михайло Вікторович, Дістрянов Сергій Володимирович, Коток Валерій Борисович, Тевяшева Ольга Андріївна

(73) ДОЧІРНЯ КОМПАНІЯ "УКРТРАНСГАЗ"

(56) Тельнов К.А., Файнштейн А.А., Шабашов С.З. и др. Автоматизация газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. Л.: Недра.- 1988 г., сс. 11-17, 41, 61, 62, 90, 95, 143

US 4946343, 07.08.1990

(57) Спосіб побудови області допустимих режимів газоперекачувального агрегату, що включає поточні виміри за допомогою датчиків контрольованих параметрів газоперекачувального агрегату й автоматичну обробку результатів вимірів, при якій обчислюють неузгодженості контрольованих параметрів від їх гранично допустимих значень, і формують сигнал досягнення межі допустимого режиму по зміні кожного зі знаків неузгодженостей, який **відрізняється** тим, що результуючу віддаленість робочої точки газоперекачувального агрегату від меж допустимих режимів за всіма контрольованими параметрами визначають кількісно у вигляді максимально допустимих приростів поточної потужності у бік збільшення і у бік зменшення, при цьому періодично обчислюють коефіцієнти чутли-

2

вості контрольованих параметрів до зміни потужності газоперекачувального агрегату, за допомогою коефіцієнтів чутливості перераховують поточні значення неузгодженостей контрольованих параметрів в еквівалентні прирости потужності, з яких виділяють мінімально еквівалентний приріст потужності у бік збільшення, яке дорівнює максимально допустимому приросту поточної потужності, і мінімально еквівалентний приріст потужності у бік зменшення, яке дорівнює максимально допустимому зменшенню поточної потужності, а графічний образ області допустимих режимів відображають засобами візуального відображення на площині з координатами ступінь стиску газу  $\epsilon$ , витрата газу

Q, виділяючи частини зазначеної площини, координати точок якої спільно задовольняють витратно-напірним характеристикам нагнітача газоперекачувального агрегату й умові

$$N - \Delta N^- < N < N + \Delta N^+,$$

де N - поточна потужність газоперекачувального агрегату;

$\Delta N^+$  - максимально допустимий приріст поточної потужності газоперекачувального агрегату у бік збільшення;

$\Delta N^-$  - максимально допустимий приріст поточної потужності газоперекачувального агрегату у бік зменшення.

Передбачуваний винахід відноситься до автоматизації газової промисловості і, зокрема, до систем автоматичного керування газоперекачувальними агрегатами.

Сучасна система автоматичного керування газоперекачувальним агрегатом (САК ГПА) містить ряд функціональних блоків, наприклад, блок керування подачею палива, блок антипомпажного регулювання і т.д. До їхнього числа відноситься і блок, що здійснює моніторинг ГПА, який полягає в зборі поточних значень параметрів стану агрегату,

оцінці допустимих значень параметрів (контроль недосягнення параметрами граничних значень) і відображення для оператора-людини результату процесу керування ГПА у вигляді положення робочої точки ГПА відносно границь області допустимих режимів (ОДР).

ОДР ГПА будується на площині з координатами ступінь стиску  $\epsilon$ , об'ємна витрата нагнітача Q і являє собою замкнуту частину площини, кожній точці якої відповідають припустимі значення тих параметрів ГПА, що однозначно визначаються

(13) C2

(11) 57577

(19) UA

величинами  $\epsilon$  і  $Q$ . Слід зазначити, що кожній комбінації значень  $\epsilon$ ,  $Q$  відповідає єдине значення потужності ГПА. Це випливає з формули обчислення потужності ([1], С. 138).

Приклад побудови ОДР – [2], С.114.

Відзначимо наступні обставини.

ГПА являє собою силову установку, що виконує роботу зі стиску газу і його переміщенню в область підвищеного тиску. Основним параметром ГПА, який відбиває його здатність виконувати роботу, є потужність, що розвивається, і допустимий діапазон її зміни (запас регулювання за потужністю).

Інформація про поточні запаси регулювання ГПА за потужністю необхідна для перерозподілу навантаження між ГПА, які входять до складу компресорного цеху, перерозподілу навантаження між цехами компресорної станції (КС) і для оперативного планування режиму КС, які входять у магістральний газопровід.

З урахуванням цього, функціональний блок "ОДР", призначений для оперативного керування ГПА, повинний забезпечувати в автоматичному режимі роботи:

- кількісне визначення віддаленості робочої точки ГПА від границь ОДР, виражених в одиницях потужності (запас регулювання убік збільшення і зменшення);

- побудову ОДР на площині  $\epsilon$ ,  $Q$  з використанням засобів відображення оператора, який керує ГПА;

- однозначну відповідність між приналежністю робочої точки ГПА до ОДР і відсутністю обмеження за параметрами, які контролюються;

- контроль усіх параметрів стану ГПА, кількісно зв'язаних з рівнем його потужності, з урахуванням технічного стану вузлів ГПА (ступінь зносу) і впливу зовнішніх умов (температури і тиску атмосферного повітря).

Відомий спосіб визначення віддаленості робочої точки ГПА від границі ОДР шляхом визначення запасу регулювання ГПА убік збільшення, що полягає в обчисленні максимальної робочої потужності (інша назва - наявної потужності) на муфті (промвалу) ГПА, яку агрегат може розвинути в конкретних умовах роботи на компресорній станції ([1], С. 135, формула 5.17). Різниця між наявною потужністю і поточною потужністю ([1], С. 138, формула для  $N_e$ ) являє собою запас регулювання за потужністю убік збільшення. Даний запас можна розглядати як віддаленість робочої точки ГПА від тієї границі ОДР, яка відповідає максимально можливим значенням потужності ГПА.

У загальному вигляді спосіб включає поточні виміри за допомогою датчиків параметрів газоперекачувального агрегату, які контролюються, й автоматичну обробку результатів вимірів, при якій обчислюють величини поточної потужності ГПА. Далі у відомому способі обчислюється коефіцієнт технічного стану газотурбінної установки  $K_N$  ([1], С. 135), необхідний для визначення наявної потужності.

Для обчислення коефіцієнта  $K_N$  ([1], С. 162-166) використовують емпіричні залежності між параметрами агрегату (різні для різних типів ГПА), паспортні характеристики нагнітачів і емпіричні

поправочні коефіцієнти. Ці емпіричні залежності і поправочні коефіцієнти являються результатом усереднення даних, отриманих раніше для ряду ГПА (однотипних з розглянутими) і тому відбивають поточний технічний стан розглянутого ГПА лише приблизно з незадовільною точністю. Крім того, паспортні і фактичні характеристики нагнітачів істотно відрізняються через знос. У результаті розглянутий спосіб визначення запасу регулювання ГПА за потужністю убік збільшення не має необхідної точності, не забезпечує однозначну відповідність між приналежністю робочої точки ГПА до ОДР (тобто наявністю запасу регулювання за потужністю) і відсутністю обмежень за параметрами, які контролюються. З цих причин такий спосіб визначення віддаленості робочої точки ГПА від границі ОДР шляхом визначення запасу регулювання ГПА за потужністю убік збільшення варто визнати недостатньо надійним.

Крім того, розглянутий спосіб не дозволяє визначити поточні запаси регулювання за потужністю убік зменшення, не враховує результати контролю всіх параметрів стану ГПА, кількісно зв'язаних з рівнем його потужності (з урахуванням поточного технічного стану ГПА і впливу зовнішніх умов), а також не дозволяє побудувати графічний образ ОДР на режимній площині  $\epsilon$ ,  $Q$ . У результаті розглянутий спосіб варто визнати недостатньо точним для оперативного керування режимом ГПА.

Отже, даний спосіб визначення віддаленості робочої точки ГПА від границі ОДР шляхом визначення запасу регулювання ГПА убік збільшення, як і спосіб побудови області допустимих режимів газоперекачувального агрегату, що заявляється, включає поточні виміри за допомогою датчиків параметрів газоперекачувального агрегату, які контролюються, й автоматичну обробку результатів вимірювань з обчисленням величини поточної потужності ГПА, однак є недостатньо надійним і недостатньо точним для оперативного керування режимом ГПА.

Відомий також спосіб побудови області допустимих режимів відцентрових нагнітачів ГПА [2], який призначений для оперативного контролю і керування режимом ГПА і використовує імовірнісний (стохастичний) підхід до формування границь ОДР і визначенню місця розташування в ній робочої точки.

Даний відомий спосіб побудови ОДР використовує:

- математичну модель фізичних процесів у робочій порожнині нагнітача, що описує зв'язок між параметрами (коефіцієнтом стискальності газу, коефіцієнтом політропічного стиску, коефіцієнтом теплоємності газу, показником адіабати, псевдокритичним тиском і температурою газової суміші і т.д.) у деякому узагальненому, ідеалізованому відцентровому нагнітачі;

- паспортні характеристики нагнітача, що відрізняються від фактичних (результат зносу й індивідуальних особливостей проточної частини кожного конкретного нагнітача);

- граничні значення витрати ( $Q_{min}$ ,  $Q_{max}$ ) і наявної потужності ( $N_{расп}$ ) які розглядаються як константи, поза зв'язком з індивідуальними особливостями кожного ГПА і параметрами режиму його

газотурбінного двигуна.

Оскільки математичний опис фізичного процесу завжди використовує ряд ідеалізацій, повну відповідність між параметрами реального процесу і параметрами, знайденими з моделі, одержати не можна. Крім того, заміна фактичних характеристик нагнітача паспортними і фіксація граничних значень витрати і наявної потужності, приведе до істотної розбіжності границь ОДР, побудованої за допомогою розглянутого способу і границь фактичної (дійсної) ОДР, що відбиває результат порівняння всіх параметрів ГПА з їх гранично-можливими значеннями.

Також розглянутий спосіб не забезпечує однозначної відповідності між приналежністю робочої точки ГПА до ОДР і відсутністю обмежень за параметрами, які контролюються, не дозволяє визначити поточні запаси регулювання за потужністю убік збільшення й убік зменшення і не враховує результати контролю всіх параметрів стану ГПА, кількісно зв'язаних з рівнем його потужності.

З урахуванням цього розглянутий спосіб побудови ОДР не може використовуватися для оперативного керування режимом ГПА як недостатньо надійний.

Отже, даний спосіб побудови області допустимих режимів відцентрових нагнітачів ГПА, як і спосіб побудови області допустимих режимів газоперекачувального агрегату, що заявляється, містить у собі поточні виміри за допомогою датчиків параметрів газоперекачувального агрегату, які контролюються, й автоматичну обробку результатів вимірів, за якими будується математична модель фізичних процесів у робочій порожнині нагнітача, однак є недостатньо надійним і недостатньо точним для оперативного керування режимом ГПА.

Найближчим за технічною суттю аналогом, обраним як прототип, є спосіб побудови області допустимих режимів ГПА [3], що включає поточні виміри за допомогою датчиків параметрів газоперекачувального агрегату, які контролюються, й автоматичну обробку результатів вимірів, при якій обчислюють неузгодженості параметрів, які контролюються, з їхніми гранично-допустимими значеннями і формують сигнал досягнення межі допустимого режиму за зміною кожного зі знаків сигналів неузгодженостей.

Спосіб реалізується системою автоматичного керування газоперекачувального агрегату, що містить наступні основні функціональні блоки:

- 1 – систему автоматичного регулювання подачі паливного газу ([1], С. 11-17, С. 41, С. 61, 62);
- 2 – сигналізатор помпажа ([1], С. 90, 95);
- 3 – установку централізованого контролю і керування А705-15 ([1], С. 143).

Система автоматичного регулювання подачі паливного газу містить:

- основний регулятор, що підтримує задану частоту обертання вала нагнітача;
- два обмежуючих (граничних) регулятори, що контролюють і обмежують відповідно температуру продуктів, згорання перед турбіною високого тиску і, співвідношення повітря-паливний газ.

Контроль і обмеження температури здійснюють МІРТ (малоінерційний регулятор температури)

і електромеханічний перетворювач ЕМП ([1], С. 61, 62).

Робота МІРТ і ЕМП полягає у формуванні сигналу неузгодженості поточної температури з її максимально припустимим рівнем і перетворенні сигналу неузгодженості у вихідний сигнал керування, що надходить на ЕМП. У залежності від ступеня відкриття виконавчого органа ЕМП змінюється кількість повітря в лінії проточного повітря, що визначає положення регульовального клапана в лінії паливного газу.

Аналогічно обмежував прийомистості, що контролює співвідношення між положенням регульовального клапана і вихідним тиском осьового компресора, обмежує величину максимального відкриття регулюючого клапана.

Сигналізатор помпажа СП-100 по сигналу переходу тиску на конфузори відцентрового нагнітача і різниці вихідного і вхідного тисків нагнітача відтворює лінійні режими, близьку до помпажної межі і при зниженні віддаленості робочої точки нагнітача до цієї межі формує сигнал відкриття крана Крб. Установка А705-15, крім функцій керування режимом ГПА, здійснює за допомогою датчиків допускний контроль параметрів шляхом порівняння вихідних сигналів датчиків з уставками граничних значень. Зміна знака сигналу неузгодженості, що виникає при зменшенні сигналу нижче мінімально припустимого рівня (для параметрів, контрольованих по нижній межі), чи при збільшенні сигналу вище припустимого рівня (для параметрів, контрольованих по верхній межі) використовується або для формування сигналу попереджувальної сигналізації оператору, або для формування автоматичної аварійної зупинки ГПА.

Таким чином, спосіб-прототип здійснює контроль усіх параметрів стану ГПА, кількісно зв'язаних з рівнем його потужності, з урахуванням технічного стану вузлів ГПА (ступінь зносу) і впливу зовнішніх умов (температури і тиску атмосферного повітря), а також забезпечує однозначну відповідність між приналежністю робочої точки ГПА до ОДР і відсутністю обмежень за параметрами, які контролюються.

При цьому спосіб-прототип не дозволяє кількісно визначити віддаленість робочої точки ГПА від границь ОДР, виражену в одиницях потужності, а також не виконує побудову ОДР на площині  $\epsilon$ ,  $Q$  з використанням засобів відображення оператора, що керує ГПА.

Отже, даний спосіб побудови області допустимих режимів ГПА, як і спосіб побудови області допустимих режимів газоперекачувального агрегату, що заявляється, включає поточні виміри за допомогою датчиків параметрів газоперекачувального агрегату, які контролюються, й автоматичну обробку результатів вимірів, при якій обчислюють неузгодженості параметрів, які контролюються, з їх гранично-допустимими значеннями і формують сигнал досягнення межі припустимого режиму по зміні кожного зі знаків неузгодженостей, однак є недостатньо надійним і недостатньо точним для оперативного керування режимом ГПА.

В основу винаходу поставлена задача в способі побудови області допустимих режимів газоперекачувального агрегату шляхом введення додат-

ково кількісного визначення результуючої віддаленості робочої точки газоперекачувального агрегату від меж допустимих режимів за всіма параметрами, які контролюються, у виді максимально допустимих приростів поточної потужності убік збільшення й убік зменшення і відображення графічного образу області допустимих режимів засобами візуального відображення на площині з координатами ступінь стиску газу  $\epsilon$ , витрата газу  $Q$ , забезпечити підвищення надійності і підвищення точності керування режимом ГПА.

Задача, що поставлена, вирішується за рахунок того, що у відомому способі побудови області допустимих режимів ГПА, що включає поточні виміри за допомогою датчиків параметрів газоперекачувального агрегату, які контролюються, й автоматичну обробку результатів вимірів, при якій обчислюють неузгодженості параметрів, які контролюються, з їх гранично допустимими значеннями і формують сигнал досягнення межі допустимого режиму по зміні кожного зі знаків неузгодженостей, ВІДПОВІДНО ДО ВІНАХОДУ, додатково результуючу віддаленість робочої точки газоперекачувального агрегату від меж допустимих режимів за всіма параметрами, які контролюються, визначають кількісно у виді максимально допустимих приростів поточної потужності убік збільшення й убік зменшення, при цьому періодично обчислюють коефіцієнти чутливості параметрів, які контролюються, до зміни потужності газоперекачувального агрегату, за допомогою коефіцієнтів чутливості перераховують поточні значення неузгодженостей параметрів, які контролюються, в еквівалентні прирости потужності, з яких виділяють мінімальне еквівалентний приріст потужності убік збільшення, яке дорівнює максимально допустимому приросту поточної потужності, і мінімальне еквівалентний приріст потужності убік зменшення, яке дорівнює максимально допустимому зменшенню поточної потужності, а графічний образ області допустимих режимів відображають засобами візуального відображення на площині з координатами ступінь стиску газу  $\epsilon$ , витрата газу  $Q$ , виділяючи частини зазначеної площини, координати точок якої спільно задовольняють витратно-напорним характеристикам нагнітача і стюперакачувального агрегату й умові

$$N - \Delta N^+ < N < N + \Delta N^+,$$

де  $N$  - поточна потужність газоперекачувального агрегату;

$\Delta N^+$  - максимально допустимий приріст поточної потужності газоперекачувального агрегату убік збільшення;

$\Delta N^-$  - максимально допустимий приріст поточної потужності газоперекачувального агрегату убік зменшення.

Технічний результат, якого можна досягти при використанні винаходу, який передбачається, виражений у тому, що забезпечується підвищення надійності і підвищення точності оперативного керування режимом ГПА.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак передбачуваного винаходу і технічним результатом просліджується в тому, що нові ознаки - кількісне визначення результуючої віддаленості робочої точки газоперекачувального агрегату від

меж допустимих режимів за всіма параметрами, які контролюються, у виді максимально допустимих приростів поточної потужності убік збільшення й убік зменшення і відображення графічного образу області допустимих режимів засобами візуального відображення на площині з координатами ступінь стиску газу  $\epsilon$ , витрата газу  $Q$  - введені в спосіб побудови області допустимих режимів ГПА, при взаємодії з відомими ознаками, а саме поточними вимірами за допомогою датчиків параметрів газоперекачувального агрегату, які контролюються, й автоматичною обробкою результатів вимірів, при якій обчислюють неузгодженості параметрів, які контролюються, з їх гранично допустимими значеннями і формуванням сигналу досягнення межі допустимого режиму по зміні кожного зі знаків неузгодженостей, забезпечують прояв нових технічних характеристик - можливість кількісної оцінки запасів регулювання за потужністю газоперекачувального агрегату і можливість візуального спостереження за положенням робочої точки ГПА відносно границі ОДР, що приводить до підвищення надійності і підвищення точності керування газоперекачувальним агрегатом.

Даний взаємозв'язок пояснюється таким чином.

У системах керування трубопровідним транспортом газу характеристики надійності і точності керування ГПА оцінюються так.

Надійність визначають за ступенем безперервності (безперебійності) процесу перекачування газу, який може бути порушений, наприклад, при вичерпанні запасів регулювання за потужністю газоперекачувальних агрегатів компресорного цеху (КЦ). Наявність кількісної оцінки запасів регулювання (віддаленості робочої точки від границь ОДР) дозволяє вчасно запустити резервний агрегат, виключивши тим самим різке порушення режиму транспортування газу.

Точність визначають за ступенем відхилень вихідних тисків компресорних цехів від значень, заданих диспетчерською службою магістрального газопроводу. При відсутності кількісної оцінки запасів регулювання за потужністю керування вихідною потужністю кожного ГПА можливо тільки з застосуванням найпростішого "релейного" закону керування, що використовує один біт інформації (тобто є чи відсутні обмеження за параметрами агрегату). Наявність кількісної оцінки запасів регулювання дозволяє використовувати найбільш ефективні закони регулювання (пропорційного, інтегрального, диференціального і їхнього сполучення), що знижує відхилення вихідних тисків КЦ від заданих значень, тобто забезпечує підвищення точності процесу керування.

На кресленнях приведені:

Фіг.1 - структурна схема системи, що реалізує спосіб побудови області допустимих режимів газоперекачувального агрегату (приклад);

Фіг.2 - алгоритм роботи пропонованого способу;

Фіг.3 - витратно-напорні характеристики відцентрового нагнітача газоперекачувального агрегату;

Фіг.4 - лінії максимально можливої потужності ГПА, поточної потужності і мінімально можливої

потужності;

Фіг.5 – графік області допустимих режимів газоперекачувального агрегату.

Система, яка реалізує спосіб, що пропонується, у варіанті конкретного приклада містить газоперекачувальний агрегат, набір датчиків 1 і виконавчих механізмів 2, систему автоматичного керування газоперекачувальним агрегатом 3, вихідну Інформаційну шину САК ГПА 4, блок обчислювання ОДР 5 і монітор 9. До складу блоку обчислювання ОДР 5 входять системна шина 6, формувач сигналу 7 і процесор 8.

У структурній схемі системи, що реалізує пропонувані спосіб побудови області допустимих режимів газоперекачувального агрегату, встановлені наступні зв'язки між елементами системи. Контрольні точки виміру параметрів ГПА підключені до набору датчиків 1, виконавчі механізми 2 зв'язані з робочими вузлами ГПА, виходи набору датчиків 1 підключені до керуючих входів САК ГПА 3, виходи САК ГПА 3 підключені до входів набору виконавчих механізмів 2, вихідна інформаційна шина 4 зв'язана із системною шиною 6 блоку обчислювання ОДР 5, системна шина 6 зв'язана з виходом формувача 7, із входами і виходами процесора 8 і з входом монітора 9. Керуючий вхід формувача 7 зв'язаний із кнопкою керування "Індикація ОДР".

Набір датчиків 1 призначений для поточного контролю параметрів газоперекачувального агрегату.

Виконавчі механізми 2 здійснюють зміну режиму роботи газоперекачувального агрегату.

Система автоматичного керування газоперекачувальним агрегатом 3 здійснює контроль параметрів ГПА і керування його режимом.

Вихідна інформаційна шина САК ГПА 4 служить для передачі вимірювальної інформації в блок обчислювання ОДР 5.

Блок обчислювання ОДР 5 призначений для реалізації алгоритму обчислювання запасів регулювання ГПА і передачі в монітор 9 інформації, необхідної для побудови графічного образу ОДР.

У складі блоку обчислювання ОДР 5 системна шина 6 забезпечує інформаційну взаємодію між вихідною інформаційною шиною 4, формувачем сигналу 7, процесором 8 і монітором 9.

Формувач сигналу 7 призначений для формування сигналу, що керує процесом передачі в монітор 9 інформації, необхідної для побудови графічного образу ОДР.

Процесор 8 здійснює обчислювання, необхідні для побудови ОДР. Монітор 9 забезпечує відображення графічного образу ОДР. Система, що реалізує пропонувані спосіб побудови області допустимих режимів газоперекачувального агрегату, працює в такий спосіб (Фіг.2).

Попередньо всі контрольовані параметри ГПА, функціонально зв'язані з рівнем потужності, що розвивається, ГПА, розбиваються на двох груп:

– "верхні" параметри (умовне найменування), у яких поточне значення параметра  $I$  при збільшенні потужності ГПА наближається до максимального

можливого значення  $I_{\max}$ ; кількість "верхніх" параметрів позначена на Фіг.2 символом  $m$ ;

– "нижні" параметри (умовне найменування), у яких поточне значення параметра  $J$  при збільшенні потужності ГПА віддаляється від мінімального можливого значення  $J_{\min}$ ; кількість "нижніх" параметрів позначена на Фіг.2 символом  $l$ .

Також попередньо:

– вимірюють за допомогою групи датчиків 1 (Фіг.1) миттєві значення всіх "верхніх" параметрів і реєструють їх у пам'яті процесора 8 як реперні (початкові)

$$I_p = I, i = 1 \dots m;$$

– вимірюють за допомогою групи датчиків 1 (Фіг.1) миттєві значення всіх "нижніх" параметрів і реєструють їх у пам'яті процесора 8 як реперні (початкові)

$$J_p = J, j = 1 \dots l,$$

– заносять у пам'ять процесора реперні (початкові) значення коефіцієнтів чутливості "верхніх" параметрів  $K_i^+$  ( $i=1 \dots m$ ) і "нижніх"  $K_j^-$  ( $j=1 \dots l$ ). Реперні значення коефіцієнтів чутливості знаходять, наприклад, аналітичним шляхом або за результатами математичного моделювання.

Після уведення вихідних даних і обмірюваних параметрів система, відповідно до пропонованого способу, продовжує роботу в наступній послідовності дій, кожна з яких умовно названо Блоком:

Блок 1.

За допомогою процесора 8 блоку обчислювання ОДР 5 за поточними даними, отриманими із САК ГПА 3, здійснюють обчислювання потужності  $N$  газоперекачувального агрегату (з використанням, наприклад, методики, викладеної в [1], С. 138-139.)

Блок 2.

Модуль різниці поточного значення потужності  $N$  і реперного значення  $N_p$  порівнюють із граничним значенням  $A$ . При невиконанні умови  $|N - N_p| > A$  керування передають блоку 3, а при виконанні – блоку 9.

Блок 3.

– Для кожного "верхнього" параметра обчислюють сигнал неузгодженості, виражений в одиницях вимірюваного параметра  $E_i^+$  за формулою

$$E_i^+ = I_{\max} - I, i = 1 \dots m,$$

де  $I_{\max}$  – максимально допустиме значення параметра  $i$ ,

$I$  – поточне значення параметра  $i$ .

– Перераховують отриманий сигнал неузгодженості за допомогою коефіцієнта чутливості цього параметра в еквівалентний приріст потужності  $E_i^+(N)$  за формулою

$$E_i^+(N) = E_i^+ \cdot \frac{1}{K_i^+}, i = 1 \dots m \dots$$

Блок 4.

– Для кожного "нижнього" параметра обчислюють сигнал неузгодженості, виражений в одиницях вимірюваного параметра  $E_j^-$  за формулою

$$E_j^- = J - J_{\min}, j = 1 \dots l,$$

де  $J_{\min}$  – максимально допустиме значення параметра  $j$ ,

$J$  – поточне значення параметра  $j$ .

– Перераховують отриманий сигнал неузгодженості за допомогою коефіцієнта чутливості цього параметра в еквівалентний приріст потужності  $E_{j(N)}^-$  за формулою

$$E_{j(N)}^- = E_{j(j)}^- \cdot \frac{1}{K_j}, j = 1 \dots l \dots$$

Блок 5.

З набору еквівалентних приростів потужності "верхніх" параметрів  $E_{i(N)}^+$  виділяють мінімальне значення  $\Delta N^+$ .

Блок 6.

З набору еквівалентних приростів потужності "нижніх" параметрів  $E_{j(N)}^-$  виділяють мінімальне значення  $\Delta N^-$ .

Блок 7.

– Знаходять мінімально можливе значення потужності газоперекачувального агрегату  $N_{\min}$  як різницю поточного значення потужності  $N$  і значення  $\Delta N^-$

$$N_{\min} = N - \Delta N^-.$$

– Знаходять максимально можливе значення потужності газоперекачувального агрегату  $N_{\max}$  як суму поточного значення потужності  $N$  і значення  $\Delta N^+$

$$N_{\max} = N + \Delta N^+.$$

Блок 8.

– Будують на координатній площині ступінь стиску  $\epsilon$ , об'ємна витрата нагнітача  $Q$  графіки функцій, що відповідають незмінним значенням  $N_{\min} = \text{Const}$  і  $N_{\max} = \text{Const}$  (Фіг.4).

– Сполучаючи витратно-напорні характеристики відцентрового нагнітача (Фіг.3) з отриманими графіками функцій  $N_{\min} = \text{Const}$ ,  $N_{\max} = \text{Const}$  (Фіг.4), виділяють частини площини ступінь стиску  $\epsilon$ , об'ємна витрата нагнітача  $Q$ , координати точок якої спільно задовольняють витратно-напорним характеристикам нагнітача газоперекачувального агрегату й умові

$$N - \Delta N^- < N < N + \Delta N^+.$$

Отримана частина площини являє собою ОДР (Фіг.5).

– По команді оператора "Індикація ОДР" формувач

сигналу 7 формує сигнал, який через системну шину 6 надходить у процесор 8. Після одержання цього сигналу процесор 8 через шину 6 передає в монітор 9 дані, необхідні для побудови графічного образу ОДР.

– Графічний образ ОДР відображають на екрані монітора 9. Блок 9.

– Для кожного "верхнього" параметра обчислюють коефіцієнт чутливості у виді відносини приросту цього параметра  $I$  щодо реперного значення  $I_p$  до приросту потужності  $N$  відносно реперного значення потужності  $N_p$  за формулою

$$K_i^+ = \frac{I - I_p}{N - N_p}, i = 1 \dots m \dots$$

– Обновляють реперне значення кожного "верхнього" параметра

$$I_p = I, I = 1 \dots m \dots$$

Блок 10.

– Для кожного "нижнього" параметра обчислюють коефіцієнт чутливості у виді відносини приросту цього параметра  $J$  щодо реперного значення  $J_p$  до приросту потужності  $N$  відносно реперного значення потужності  $N_p$

$$K_j^- = \frac{J - J_p}{N - N_p}, j = 1 \dots l \dots$$

– Обновляють реперне значення кожного "нижнього" параметра

$$J_p = J, j = 1 \dots l.$$

Блок 11.

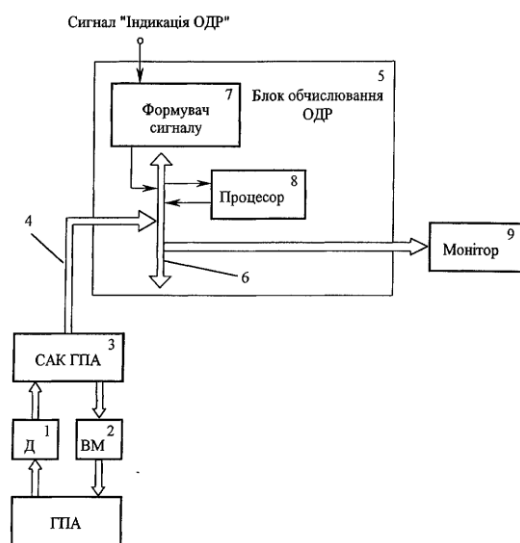
– Обновляють реперне значення потужності  $N_p$ :  $N_p = N$ .

Джерела інформації:

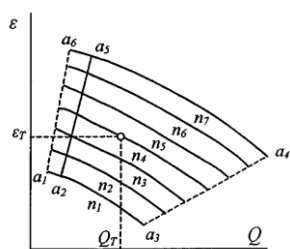
1. Волков М.М., Михеев А.Л., Конев К.А. Справочник работника газовой промышленности. 2-е изд. М.: Недра, – 1989 г.

2. Тевяшева О.А. Стохастический подход к контролю области допустимых режимов центробежных нагнетателей газоперекачивающих агрегатов. Радиоэлектроника и информатика, № 2 (07), ХТУРЭ, г. Харьков, – 1999.

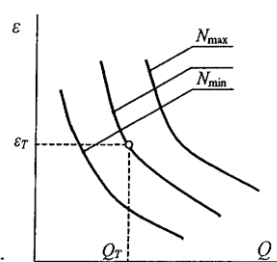
3. Тельнов К.А., Файнштейн А.А., Шабашов С.З. и др. Автоматизация газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным двигателем. Л.: Недра. – 1988 г.



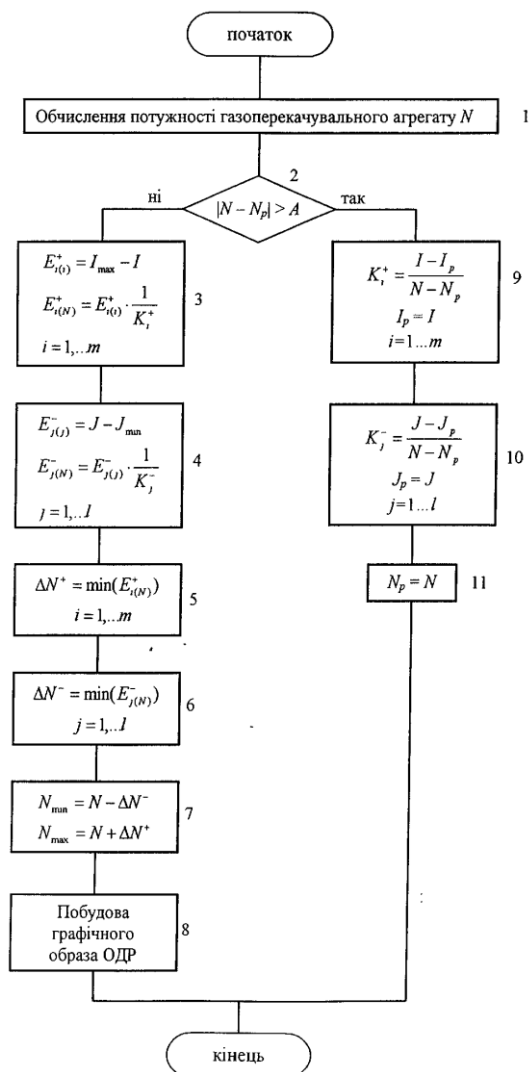
Фиг. 1



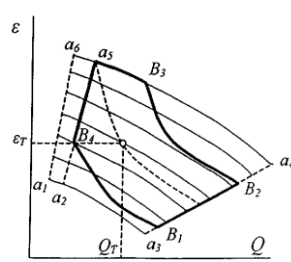
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 2



Фиг. 5